

THESIS

MUNICH

1966

LANE MEDICAL LIBRARY
STANFORD UNIVERSITY
300 PASTEUR DRIVE
PALO ALTO, CALIF.

**Der Epiduralraum der menschlichen Wirbelsäule
und sein Inhalt**

Michael Frhr. Hermes von Lüdinghausen

AUS DEM ANATOMISCHEN INSTITUT DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Direktor: Prof. Dr. T. von Lanz

DER EPIDURALRAUM DER MENSCHLICHEN WIRBELSÄULE
UND SEIN INHALT *)

(mit 28 Abbildungen)

INAUGURAL - DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Michael Frhr. Hermes von Lüdinghausen
aus Baldham bei München

1966

*) angeregt durch Herrn Prof. Dr. A. Mayet, München

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. A. Mayet

Mitberichterstatter: Prof. Dr. T. von Lanz

Dekan: Prof. Dr. R. Zenker

Tag der mündlichen Prüfung: 22.III.1966

I. Fragestellung:

Das Cavum epidurale umgibt den Durasack und die von ihm abgehenden Spinalnervenscheiden. Von LANZ (1929) hatte als erster gründlichst den Aufhängeapparat des Durasackes am Foramen magnum und im Wirbelkanal in ausführlichen Arbeiten über die Rückenmarkshäute beschrieben und die Funktion dieser Bänder im Epiduralraum aufgezeigt. Seitdem untersuchten hier weiter POPA (1938), THEILER (1947), FRYKHOLM (1951), ROGERS und PAYNE (1961), denn die Fortschritte der Neurochirurgie und Orthopädie forderten eingehende Studien.

Die alten Meister FALLOPIUS (1562) und VESALIUS (1583) wußten schon um die Anatomie der Venen im Epiduralraum und hinterließen uns vorzügliche Aufzeichnungen, die auch ABRAMS (1957), BATSON (1957) und CLEMENS (1961) im wesentlichen bestätigen.

Das Fettgewebe im Epiduralraum war Gegenstand der Untersuchung in Arbeiten von KUNERT (1957), RAMSEY (1957), SJÖVALL (1943) und TRETJAKOFF (1926).

In dieser Arbeit werden frühere Ergebnisse geprüft, bestätigt und ergänzt. Sie soll eine Übersicht geben über die Topographie des Epiduralraumes, über seine Entwicklungsgeschichte und vergleichende Anatomie. Die Neurochirurgie hat inzwischen so große Fortschritte gemacht, daß auf dem Wiener Kongress der Anatomischen Gesellschaft (1964) der Einbau des Rückenmarks und des Durasackes in den Wirbelkanal besonders diskutiert wurde. Diese Arbeit soll auch auf verschiedene Fragen Antwort geben, die dort aufgeworfen wurden.

II. Material und Methode:

Untersucht wurden 13 Wirbelsäulen von Frühgeburten und Neugeborenen, 2 Wirbelsäulen von 8-jährigen Kindern und 6 Wirbelsäulen von Erwachsenen, die alle dem Material des Präparieresaales entnommen wurden. Die Neugeborenenwirbelsäulen präparierte ich unter einer Kopflupe. Die Fotografien zeigen die Präparate in natürlicher Größe oder in 1.1/2- und 2-facher Vergrößerung. Die Aufnahmen entstanden mit dem Leitz Reprovitgerät und der Leitz Kamera M 1.

III. Befunde:

Die Ligamenta epiduralia durae matris spinalis (d.m.sp.) beim Neugeborenen

In der Entwicklung des Feten ist die Trennung der beiden Durablätter im Wirbelkanal nicht vollständig. Es bleiben gewisse Rückstände an Bindegewebsbrücken. Schon früh ist eine bestimmte Ordnung in der Anlage dieser Querbalkchen zu erkennen. Beim Neugeborenen bleibt der Durasack ventral in seiner ganzen Länge an das hintere Längsband fixiert (Abb. 1, 2, 3, 4). Seitlich gehen zwischen den Spinalnervenscheiden zur Endorhachis Faserbündel, die entweder genau in der Mitte der Entfernung zwischen zwei Durataschen gelegen sind oder in ihrer unmittelbaren Nähe, und die dann an den Rändern der inneren Öffnungen der Zwischenwirbelkanäle ansetzen. Dorsolateral sind stets paarige Bändchen zu den Wirbelbögen vorhanden (Abb. 5). Die Durabefestigung am Os occipitale ist schon so wie beim Erwachsenen angelegt (Abb. 6, 7).

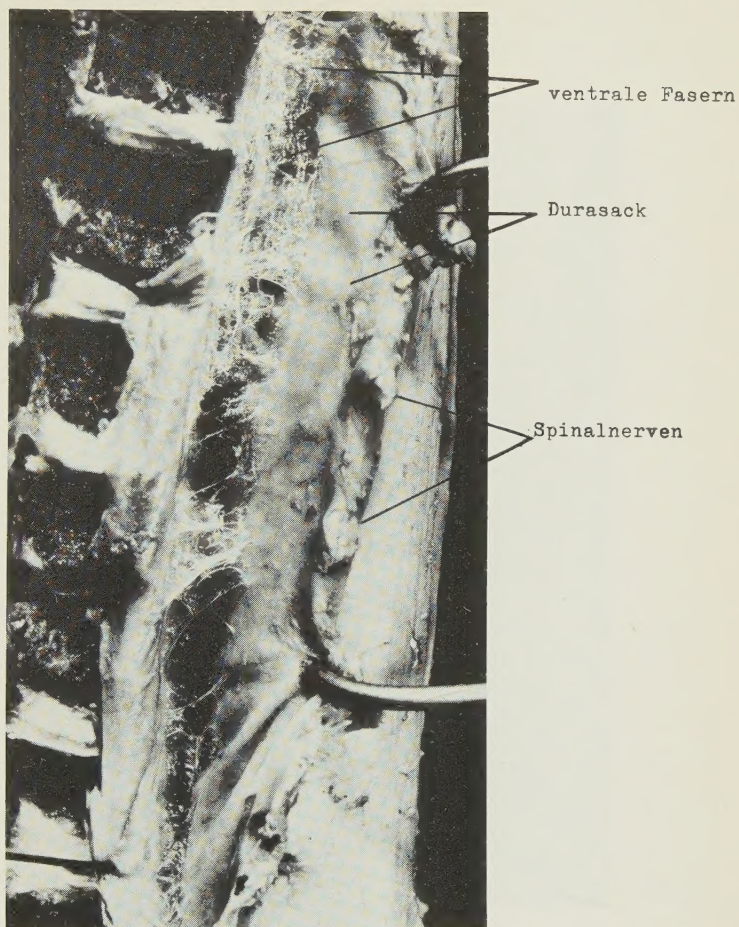


Abb. 1

Laterale Ansicht einer Neugeborenenwirbelsäule bei paramedianem "Längsschnitt" der Halswirbelkörper und entfernten Wirbelbögen. Der Durasack ist durch feine Verstrebnungen an das hintere Längsband geheftet.

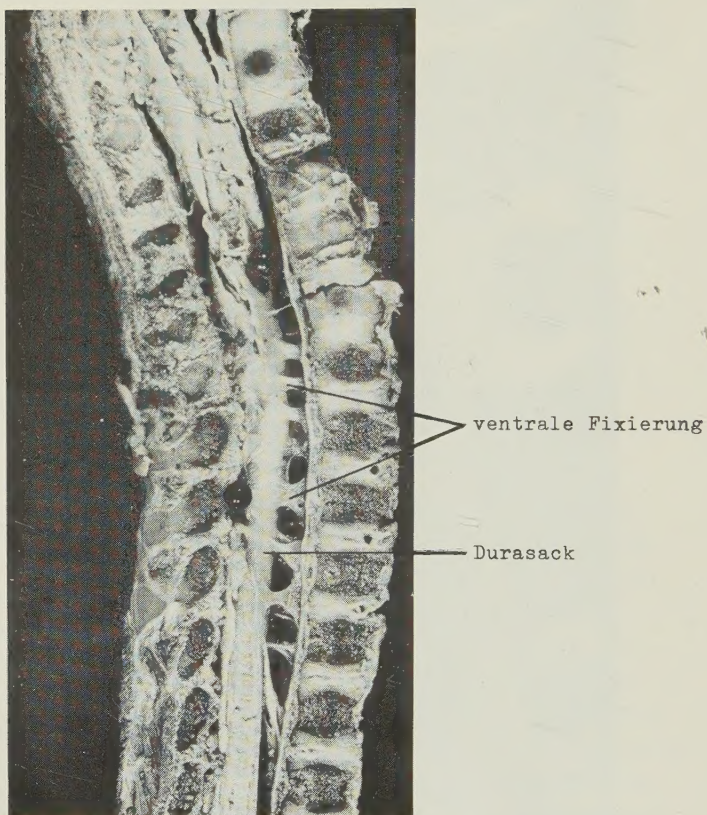


Abb. 2

Neugeborenenwirbelsäule mit ventraler Fixierung des Durasackes an das Lig. longitudinale dorsale im oberen Thorakalbereich.

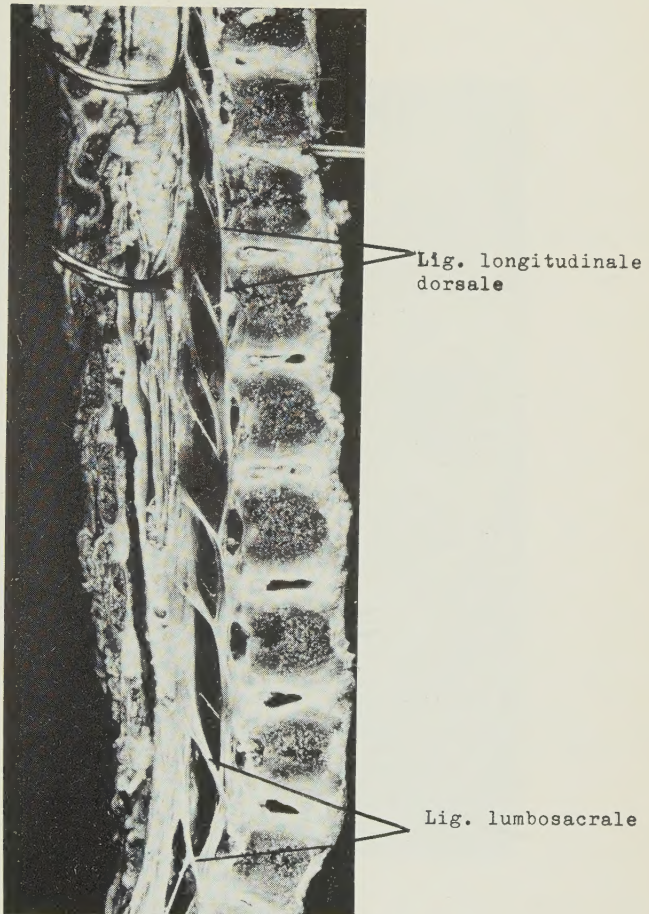
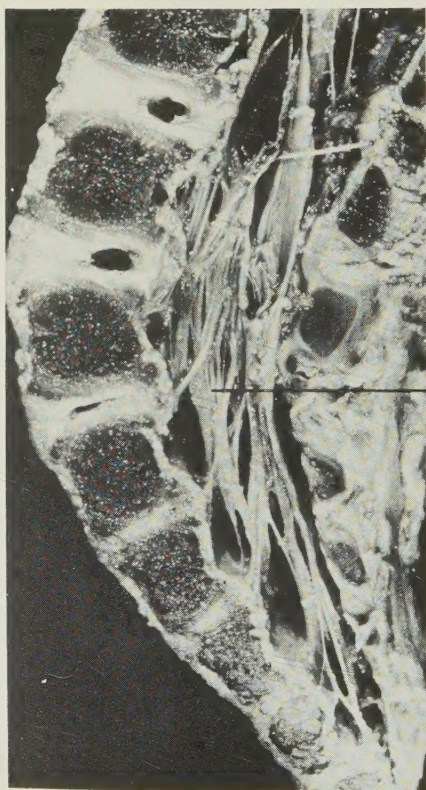


Abb. 3

Neugeborenenwirbelsäule: im Bereich von Th₁₀ bis S₁ ziehen feste Faserbündel vom Lig. longitudinale dorsale zum Durasack und bilden das Lig. lumbosacrale.



Lig. lumbosacrale

Abb. 4

Neugeborenenwirbelsäule: im Bereich von L₄ bis S₅ steht das Lig. lumbosacrale als breite feste Platte in der Medianebene.

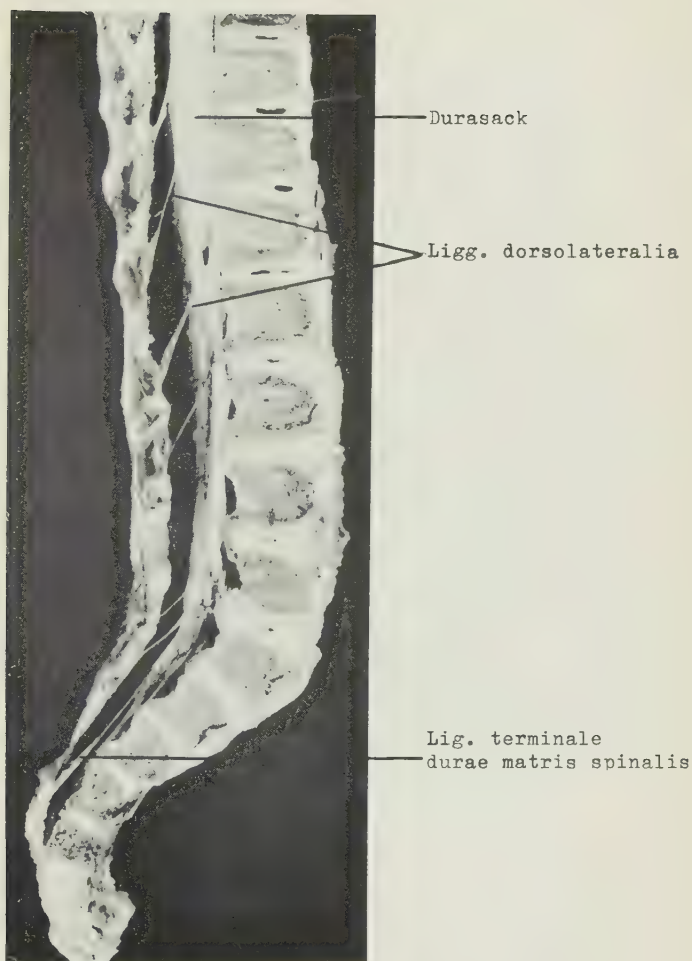


Abb. 5

Neugeborenenwirbelsäule: Darstellung der rechten Reihe der sonst paarigen Ligg. dorsolateralia und des Lig. terminale durae matris spinalis.

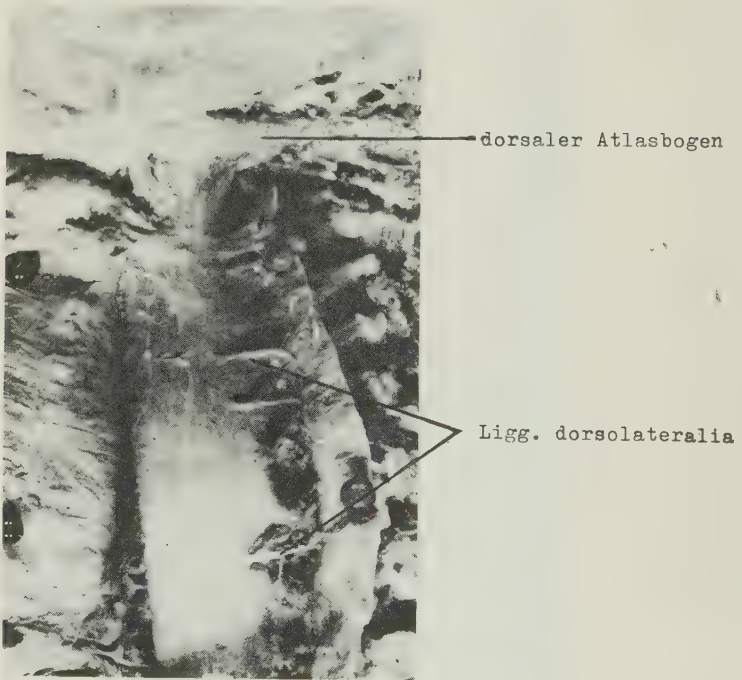


Abb. 6

Neugeborenenwirbelsäule: Sicht von dorsal auf den zervikalen Durasack mit einseitiger Darstellung der tangential in die Dura einstrahlenden Ligg. dorso-lateralia (oder des dorsalen Teiles der Ligg. interspinalia).



Abb. 7

Sicht von dorsal auf den zervikalen Durasack einer Erwachsenenwirbelsäule: links ziehen die Ligg. cranialia zum dorsalen Atlasbogen und zu den Kapseln der atlanto-epistrophealen Gelenke. Im Bild oben ist der Muskelfächer des *M. rectus capitis posterior minor* zu sehen, unten die beim Erwachsenen (infolge des verstärkten Wirbelsäulenwachstums) schräg nach unten verlaufenden zervikalen Ligg. dorsolateralia oder die dorsalen Ligg. interspinalia (vergl. Abb. 6).

Rechts geht die spinale Dura in die des Schädels über, nachdem das Hinterhauptsbein entfernt wurde. Die äußere Duraschicht ist dort abgesetzt, wo sie in das Periost des *Os occipitale* einstrahlt.



Lig. transversum
atlantis

Lig. longitudinale dorsale

Abb. 8

Wirbelsäule eines 8-jährigen Kindes: Sicht von ventral auf das Lig. transversum atlantis und die beiden Gelenkflächen des Atlas für den Epistropheus. Der Dens axis ist exartikuliert. Von kranial kommt eine bandartige Abspaltung des hinteren Längsbandes und endet im Lig. transversum atlantis.

Die Ligamenta epiduralia d. m. sp. beim Erwachsenen

Die Dura des Schädels setzt sich am Foramen magnum direkt fort in der Durahülle des Rückenmarks. Der Durasack ist in besonderer Weise am Foramen magnum aufgehängt: es gehen kräftige Züge vom Durasack in das äußere Periost des Os occipitale über. Dies ist dorsal und ventral der Fall. Anders ausgedrückt: da das hintere Längsband am Atlas mit der Dura verschmilzt und durch die Membran tectoria an der Pars basalis des Hinterhauptsbeines ansetzt, ist die Dura selbst extrakraniell ventral am Os occipitale befestigt (Abb. 7).

Seitlich gehen straffe Faserbündel in die Kapseln der atlanto-occipitalen Gelenke, ventral gibt es eine konstant vorkommende Verbindung des mit der Dura verbundenen Lig. longitudinale dorsale und dem Lig. transversum atlantis (Abb. 8). Es strahlen auch Faserzüge in die beiden Kapseln der atlanto-epistrophealen Gelenke ein, während dorsal am Durasack kurze Bänder median und paramedian zum Atlasbogen verlaufen und von diesem weiter zur Squama des Hinterhauptsbeines, so daß der dorsale Atlasbogen vollkommen von Dura-duplikaturen eingefast wird und dem M. rectus capitis posterior als Spanner der Dura Bedeutung zukommt (Abb. 7).

Im Halsbereich liegt von etwa C₂ - C₆ die Dura median dicht dem hinteren Längsband an, oft entsteht der Eindruck, daß beide miteinander verwachsen sind.

Zwischen den Spinalnervenscheiden sind von der Dura zur Endorhachis die Ligg. interspinalia gespannt. Sie sind innerhalb des Sinus venosus vertebralis internus gelegen, daher endothelbedeckt und feuchtmattglänzend (Abb. 9, 21). Dorsal schickt die Dura etwa im Bereich C₃ - C₇ paarige Bändchen an die Pediculi der Bögen. Diese segmental angelegten Bändchen sind zu den Ligg. interspinalia (als eine dorsale Verstärkung von diesen) oder zu den Ligg. dorsolateralia zu zählen (Abb. 5, 7). Von C₆ - Th₈ fehlt die ventrale Fixierung

des Durasackes an das hintere Längsband. Unterhalb von Th_8 beginnt das Lig. lumbosacrale, indem von der Ventralseite des Durasackes senkrechte, sich scherengitterartig überkreuzende Bänder jeweils paarig an die Ränder des Lig. longitudinale dorsale ziehen (Abb. 10, 11). Bei etwa L_3 stellt sich das bisher frontal gelegene Längsband auf und heftet so den Durasack an die Lendenwirbelkörper, wo es breitbasig gegen die Zwischenwirbelscheiben divergierend an denselben ansetzt (Abb. 13). Im fortgeschrittenen Alter zeigt sich diese in der Medianebene stehende Platte aufgelockert und durchlöchert, so daß beim alten Menschen nur mehr einige wenige Bänder sich von der Dura zu den Zwischenwirbelscheiben spannen (Abb. 10). Zum Ausgang des Wirbelkanals hin verjüngt sich das Lig. lumbosacrale und endet als Filum terminale an der Rückfläche des Steißbeines (Abb. 12, 13).

Im lumbalen Epiduralraum ziehen dorsal vom Durasack die Ligg. dorsolateralia paarig und segmental zu den entsprechenden Wirbelbögen abwärts. Das kaudale Paar ist stets besonders kräftig ausgebildet, kann auch nur einfach vorhanden sein und trägt den Namen Lig. terminale d. m. sp. (Abb. 5).

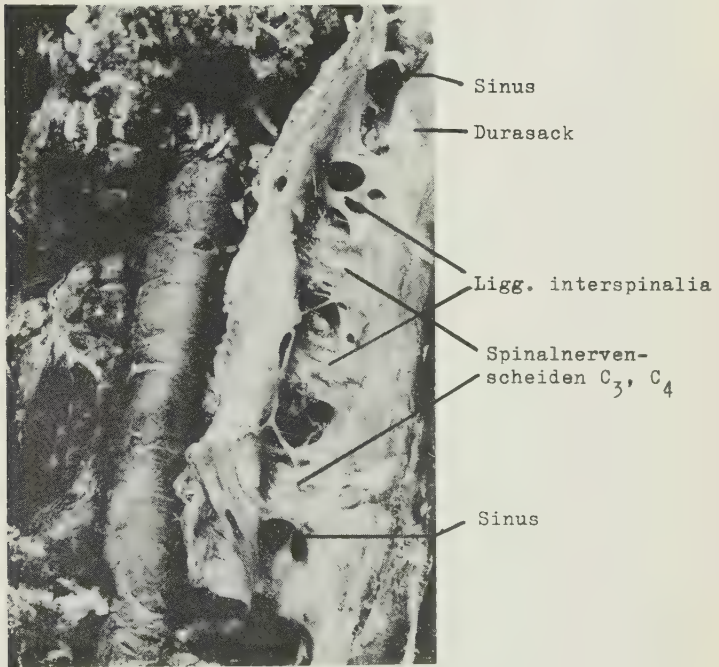


Abb. 9

Erwachsenenwirbelsäule: Sicht von dorsal in den linken Sinus venosus vertebralis internus. Die Durascheiden der Spinalnerven C₂ bis C₄ und die zwischen ihnen gelegenen Ligg. interspinalia sind endothelbekleidet. Links die freipräparierte A. vertebralis.

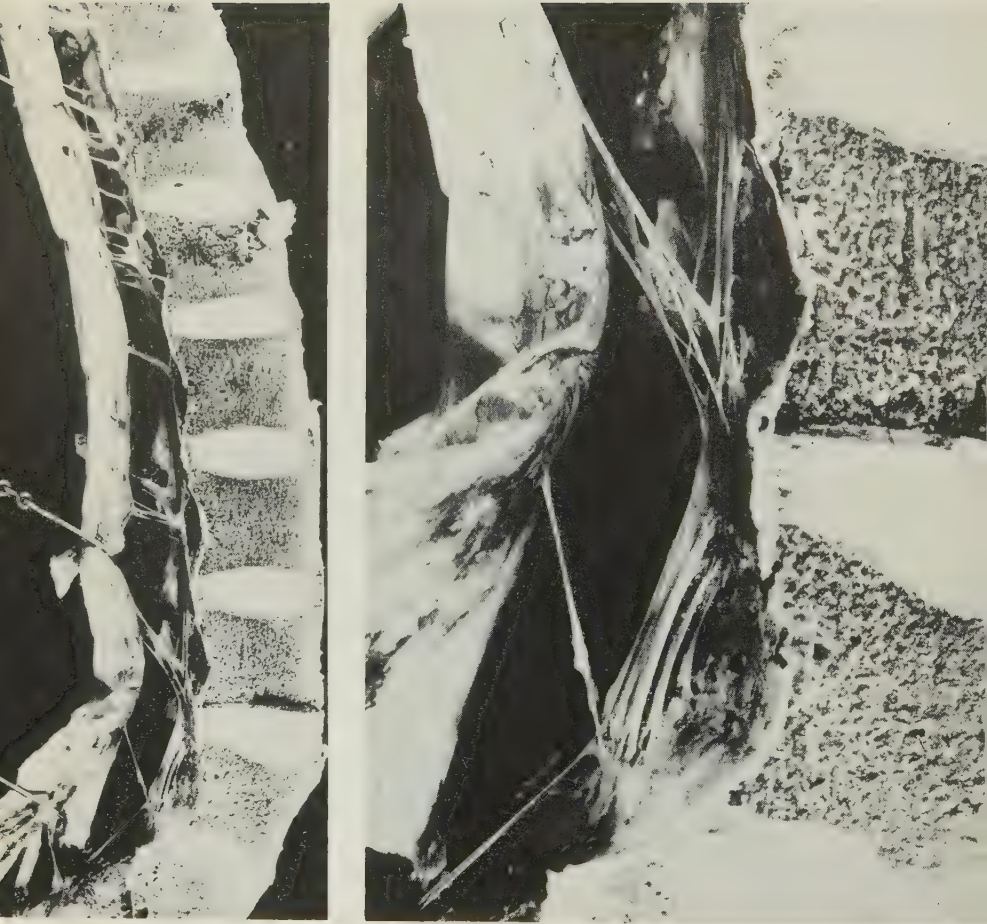


Abb. 10

Erwachsenenwirbelsäule: Links das Lig. lumbosacrale von Th₁₀ bis S₁ dargestellt. In den oberen Segmenten setzen die Faserzüge paarig an den Rändern des hinteren Längsbandes an. In der Vergrößerung rechts werden die paarigen Bändchen bei L₅ unpaar. Das hier präparierte Lig. lumbosacrale ist für den alten Menschen typisch.

Lig. lumbosacrale

Abb. 11

Erwachsenenwirbelsäule:

Lig. lumbosacrale

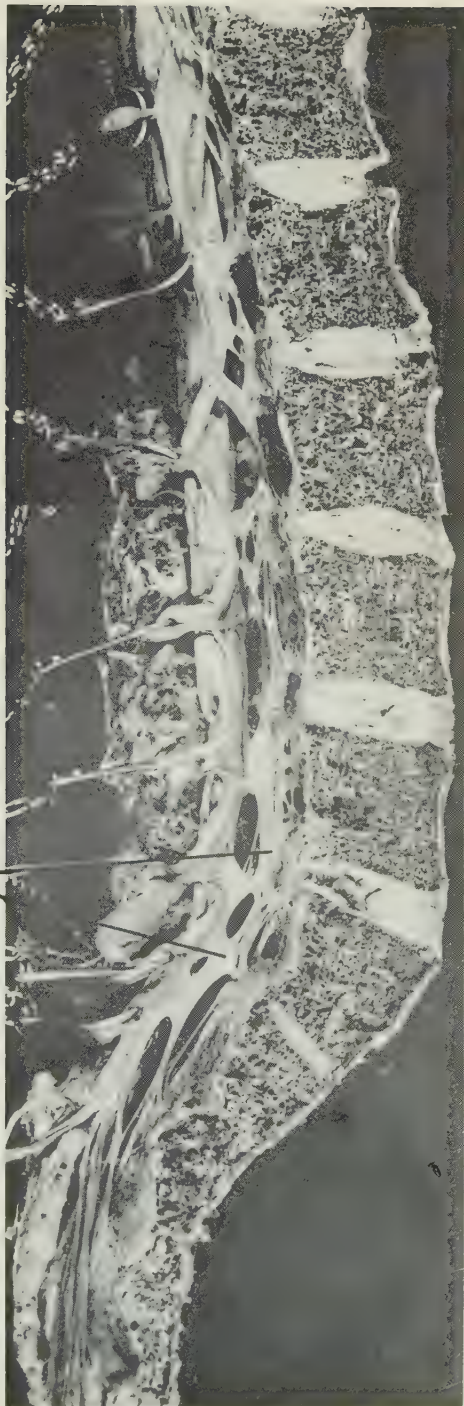




Abb. 12

Erwachsenenwirbelsäule:
Sicht von dorso-lateral
in den eröffneten Kreuz-
beinkanal auf das Lig.
lumbosacrale mit Filum
terminale.

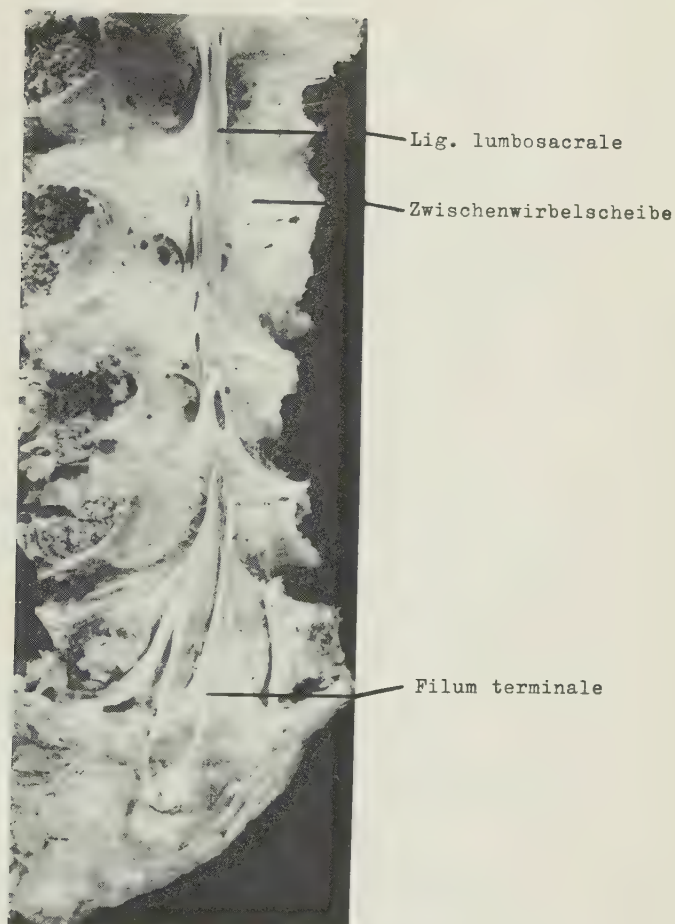


Abb. 13

Wirbelsäule eines 8-jährigen Kindes: Sicht von dorsal auf das Lig. lumbosacrale, bzw. auf das in der Medianebene aufgestellte Lig. longitudinale dorsale. Die fächerartigen Ansätze verankern den Durasack sehr fest an den synostisierten Sakralwirbeln. Die Spinalnerven S_5 und Cocc.₁ sind belassen. In der Mitte ist zu sehen das Filum terminale als am Steißbein endendes Lig. lumbosacrale oder auch Lig. longitudinale dorsale.

Das Fettgewebe im Epiduralraum

Neben den Bändern finden wir beim Feten und Neugeborenen hauptsächlich fettreiches und faserarmes Bindegewebe, das durch zahlreiche eingelagerte kleinere Venen ein schwammiges, durch starken Flüssigkeitsgehalt schleimig-gallertiges Aussehen hat. Beim Erwachsenen haben sich die diffus eingestreuten Fettpartikel vereinigt zu blasig aufgetriebenen Fettläppchen, die aber nur unterhalb des Halsabschnittes im Epiduralraum zu finden sind. Im Halsbereich ist ventral-lateral der Sinus venosus vertebralis internus gelegen, dorsal sind kleinere Venen zwischen den sonst dicht aneinanderliegenden beiden harten Rückenmarkshäuten.

Im thorakalen Abschnitt des Epiduralraumes können die Fettpolster dorsal eine Mächtigkeit von 4 mm erreichen (Abb. 14). Diese befinden sich zwischen den beiden hinteren Venenlängsstämmen und deren Queranastomosen jeweils in einem Venenviereck auf den Wirbelbögen und den Ligg. flava (Abb. 25). Ein solcher Fettlappen aus einem Venenviereck hat die hier nur sehr zarte, durchscheinende Endorhachis zur Unterlage und gleichzeitig als Bedeckung gegen die Dura. Das Fett teilt also die Endorhachis in zwei Schichten. Wie ich an histologischen Schnitten nachweisen konnte, sind die einzelnen Fettlappen durch Endorhachisabspaltungen in sich septiert.

Lumbodorsal breiten sich meist dicke Fettlagen aus, die 3 - 8 mm mächtig sein können. Ventral sind die venösen Plexus zu beiden Seiten des Lig. lumbosacrale in Fettgewebe eingebettet, das bis weit in die Zwischenwirbelkanäle hinein die Durataschen der lumbalen und sakralen Spinalnerven umgibt. Auf dem letzten Sakralwirbel, also im Hiatus sacralis und etwas unterhalb von diesem, liegt regelmäßig ein massiver Fettkörper, der den Canalis sacralis am unteren Ausgang verschließt, und der ein Corpus adiposum sacro-coccygeale genannt

werden könnte. Beim Neugeborenen ist hier nur eine gallerartige Masse, wie überhaupt sich das Fett im Epiduralraum erst im zweiten Lebensjahrzehnt aus einem sulzig-schwammigen Gewebe herausbildet (Abb. 16).

Im Halsbereich ist in den Canales intervertebrales kein Raum für Fettgewebe, da um die Nervenscheiden und die Ganglien, bzw. um deren Durataschen, nur die Verbindungssinus zwischen den klappenlosen und weiträumigen Bluträumen der Venae vertebrales und den Sinus venosi vertebrales interni Platz finden (Abb. 17, 19).

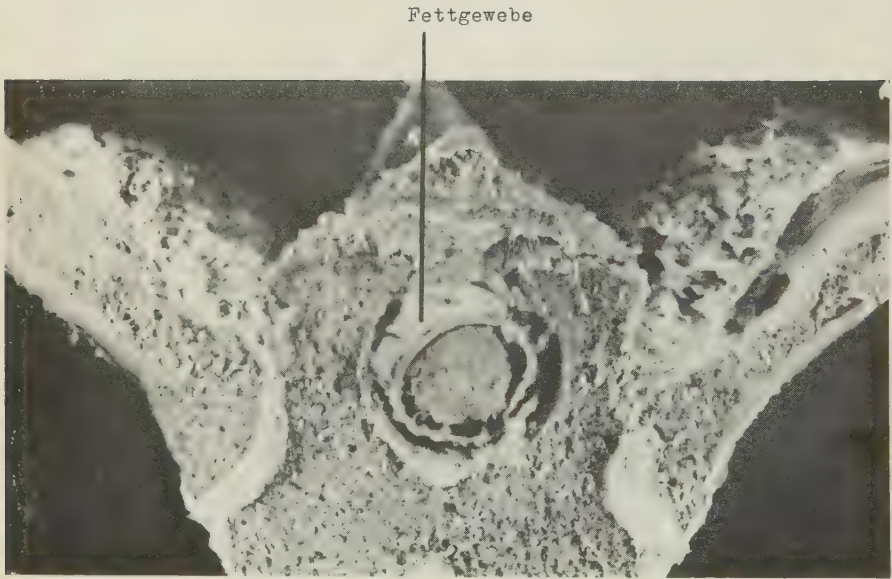


Abb. 14

Erwachsenenwirbelsäule: querer Durchschnitt des
8. Brustwirbels. Im dorsalen Epiduralraum befin-
det sich eine 2 - 3 mm dicke Fettschicht.

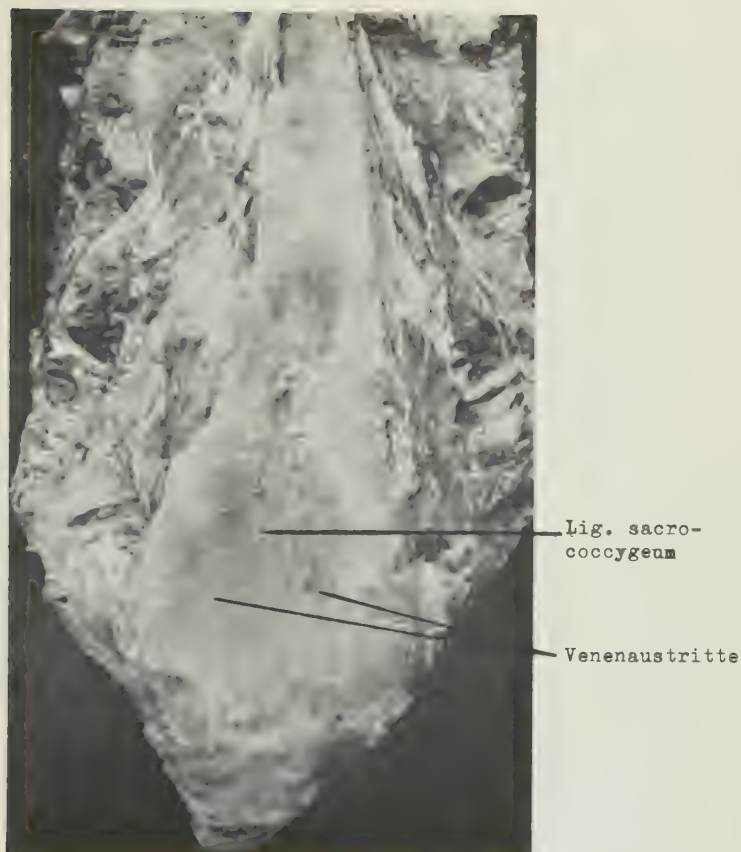


Abb. 15

Erwachsenenwirbelsäule: in dorsaler Aufsicht ist die "Steißbeinfontanelle", das Lig. sacrococcygeum dargestellt. In der Mitte der Membran sieht man beiderseits zwei kleine Öffnungen, die kleinen Venen (Endäste des Plexus venosus vertebralis internus) zum Durchtritt dienen.

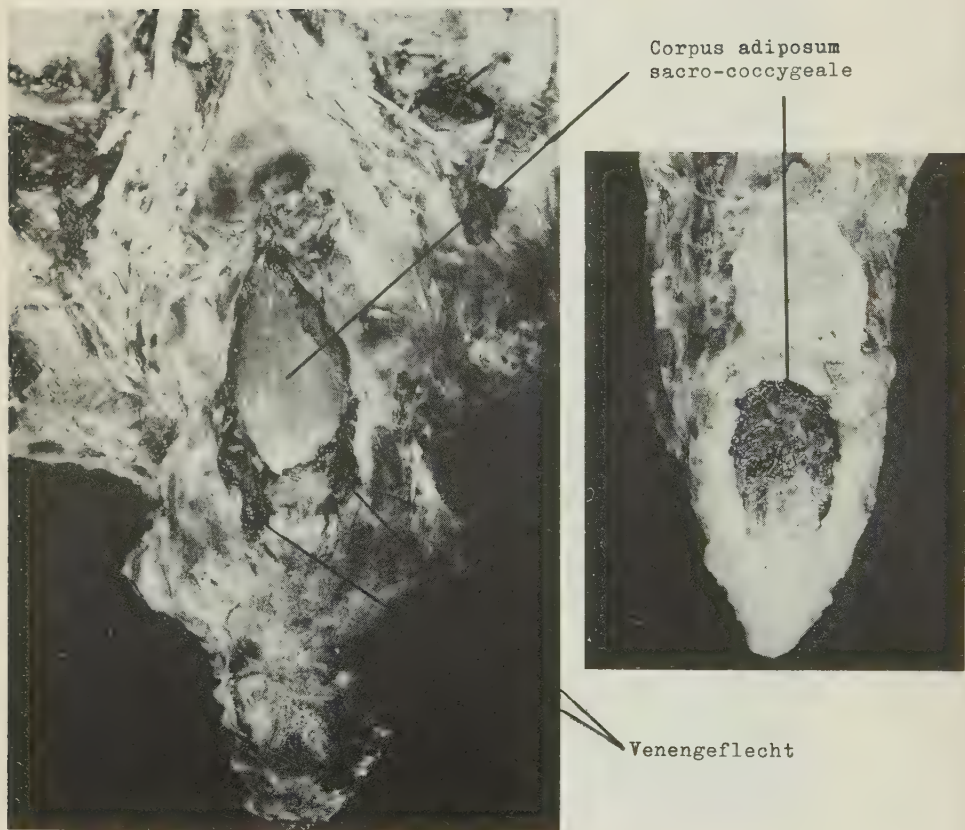


Abb. 16

Links Erwachsenenwirbelsäule: in dorsaler Aufsicht ist das Corpus adiposum sacro-coccygeale dargestellt. Zu beiden Seiten des Corpus erscheinen die Endvenen des Plexus venosus vertebralis internus (im Bild schwarz).

Rechts die Situation beim Neugeborenen, wo das Corpus adiposum nur eine fettige gallertige Masse bildet.

Das Ligamentum longitudinale und die Endorhachis

Das hintere Längsband beginnt am Foramen magnum. Es zieht in der Membrana tectoria, die sich zwischen Atlasvorderbogen mit dem Lig. transversum atlantis und Os occipitale (Pars basalis) spannt und hat mit dem Querband des Atlas einen regen Faseraustausch (Abb. 8, 20). Weiter kaudalwärts springt es von Zwischenwirbelscheibe zu Zwischenwirbelscheibe. Es entsteht entwicklungsgeschichtlich aus dem gleichen Material wie die Endorhachis.

Im Halsbereich ist die Dura am hinteren Längsband angeheftet. Seitlich von dieser Kommunikation liegt zwischen beiden harten Rückenmarkshäuten der Sinus venosus vertebralis internus. Im Brust- und oberen Lendenbereich besteht die Endorhachis aus mehreren Lagen, die aus dem vielschichtigen hinteren Längsband hervorgehen und sich nach lateral hin bis weit in die Zwischenwirbelkanäle hinein ausbreiten. Der Plexus venosus vertebralis internus wird von ihr bedeckt. Dorsal bildet sie als dünne Doppelmembran (dazwischen liegen Venen und die oben beschriebenen Fettläppchen) das Endost der Wirbelbogeninnenflächen. In Höhe von L₃ und weiter kaudal verliert sich die Endorhachis in einer den Wirbelkörpern fest angefügten Haut. Sie ist hier wirkliches Periost und nur gewaltsam vom Knochen zu lösen. Hier ändert sich die Lage des hinteren Längsbandes: im Hals-, Brust- und oberen Lendenbereich liegt es als frontal gestellte Bandplatte den Wirbelkörperrückseiten auf, während es sich kaudal von L₃ in einer Drehung von 90° in der Medianebene aufstellt und breitbasig an den Zwischenwirbelscheiben inseriert (Abb. 13, 22 und vergl. oben die Beschreibung des Lig. lumbosacrale). Im unteren Lendenabschnitt liegen die venösen Plexus frei von der Endorhachis und Dura im Fett und Bindegewebe des Epiduralraumes. Im Kreuzkanal bleibt nur mehr ein Rest des Lig. longitudinale dorsale (Lig. lumbosacrale) als Filum terminale, das als ein dünner Faden an den synostotierten Wirbeln des unteren Kreuzbeines ansetzt (Abb. 11, 12, 13).

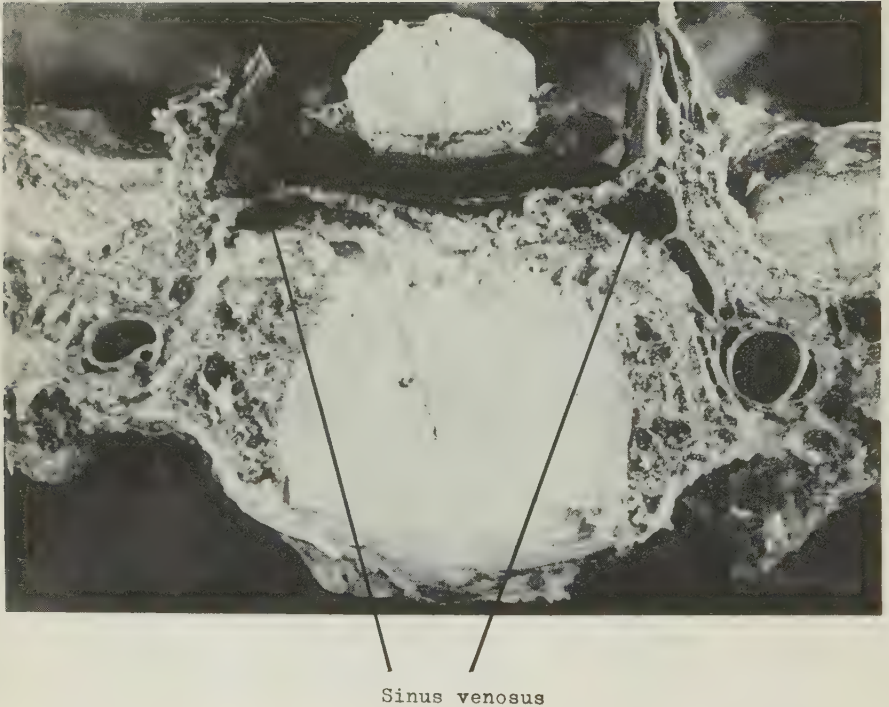


Abb. 17

Erwachsenenwirbelsäule: der quere Durchschnitt in Höhe von C₄ zeigt, wie (besonders rechts im Bild zu sehen) die venösen Plexuskammern der V. vertebralis, die in offener Verbindung mit dem Sinus venosus derselben Seite stehen, die entsprechende Arterie umgeben.

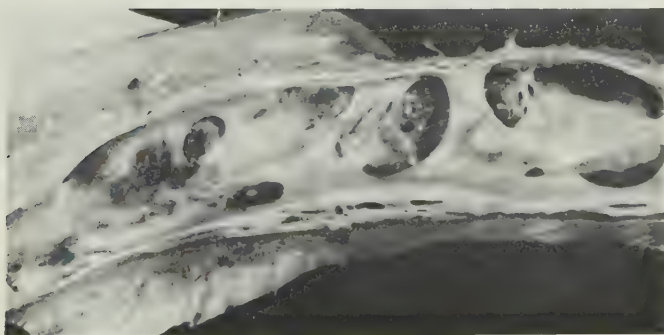
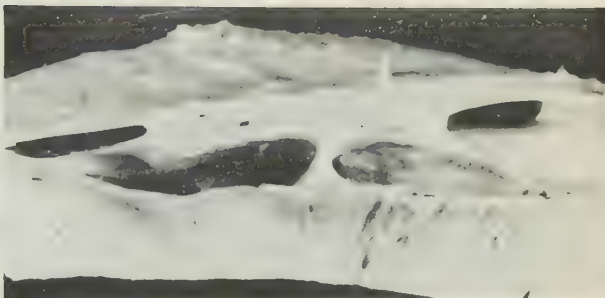


Abb. 18

Eröffnete Schädel sinus beim Erwachsenen: rechts ist der Sinus sagittalis superior, links der Sinus sigmoides und unten der Sinus transversus aufgeschnitten. Bemerkenswert ist die Ähnlichkeit dieser endothelausgekleideten Bluträume mit den epiduralen Sinus der Halswirbelsäule, Abb. 9 und 21.

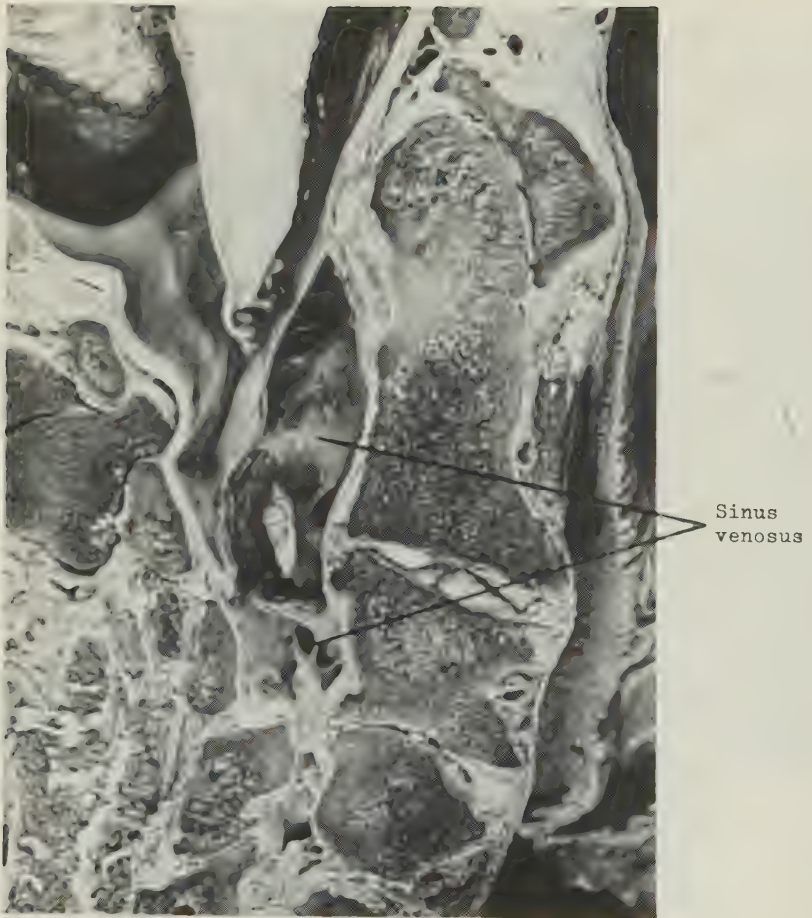


Abb. 19

Erwachsenenwirbelsäule: der Paramedianschnitt durch das Foramen magnum und die ersten vier Halswirbel zeigt den eröffneten linken Sinus venosus vertebralis internus mit den endothelbekleideten Durataschen von C₁ und C₂. Um die Durataschen herum sind Verbindungssinus zu der V. vertebralis.

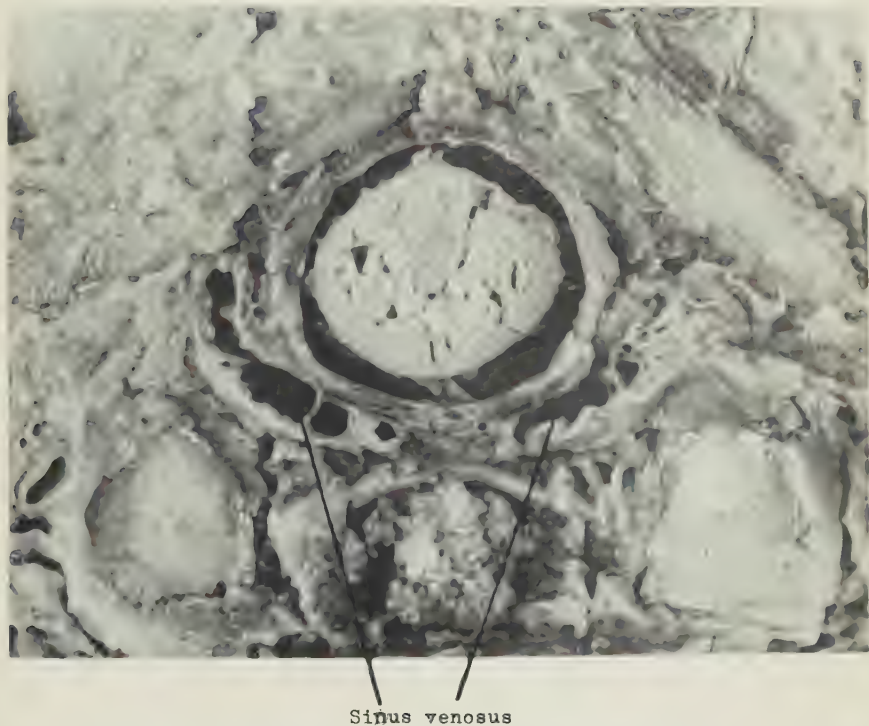


Abb. 20

Wirbelsäule eines 8-jährigen Kindes: der quere Durchschnitt zwischen Atlas und Epistropheus wird von kaudal betrachtet. Der Dens axis ist mit dem Lig. transversum atlantis in seinem Gelenk belassen. Gut zu sehen sind die beiden Halssinus lateral der Anheftung des Durasackes an das Lig. longitudinale dorsale und Lig. transversum atlantis.

Das epidurale Venensystem

Der Sinus venosus vertebralis internus ist die Fortsetzung der kranialen venösen Sinus. Es sind direkte Anastomosen zum Sinus occipitalis, zum Sinus basalis und dem Sinus nervi hypoglossi, also dem Sinus sigmoides vorhanden (Abb. 18, 19). Diesen Sinus venosus vertebralis internus gibt es nur im vorderen zervikalen Epiduralraum. Er wird hier deswegen als Sinus bezeichnet, weil er, wie auch im Schädel die Sinus, zwischen beiden harten Hirn- bzw. Rückenmarkshäuten gelegen ist. Das Lig. longitudinale dorsale trennt einen rechten vorderen seitlichen Sinus von einem linken (Abb. 20). In den Sinus der Halswirbelsäule sind ebenso wie im Schädel endothelbedeckte Stützpfeiler zwischen Dura und Endorhachis vorhanden (Abb. 9, 18, 19, 21). Diese Pfeiler sind wesensgleich mit den Ligg. interspinalia, die oben schon beschrieben wurden. Die zervikalen Sinus liegen parallel zum hinteren Längsband auf den Wirbelkörperrückseiten. Es gibt keine direkten Anastomosen zwischen rechtem und linkem Sinus. Blut kann von dem einen in den anderen Sinus nur auf dem Wege über die Foramina basivertebralia und über den Sinus basivertebralis zur anderen Seite fließen. Es kommt aber nur selten vor, daß Foramina basivertebralia der Halswirbelkörper paarig sind, wenn sie überhaupt bestehen, so daß solche Anastomosen gleichermaßen selten zustande kommen.

Anders dorsal vom Durasack: dort verlaufen von den vorderen Sinus ausgehend quere, auf- und absteigende kleine Venen, die eigenständig zwischen Dura und Endorhachis gelegen sind. Die zervikalen Spinalnerven mit den Ganglien in den Zwischenwirbelkanälen werden von den Fortsetzungen der epiduralen Sinus eingemauert. Auch die beiden Aa. vertebrales werden eng von den klappenlosen Vv. vertebrales umschlossen (Abb. 17). Diese Sinus der Zwischenwirbelkanäle werden wie auch die epiduralen und kranialen Sinus teils von der Endorhachis (als Zwischenwirbelkanalaukleidung) teils von der Dura mater spinalis (der Durascheide der Spinalnerven und

-ganglien) gebildet. Natürlich sind die beiden harten Rückenmarkshäute von Venenendothel überzogen.

Die zervikalen Sinus setzen sich nach kaudal fort in zwei Venenlängsstämme, die plexusartig gekammert sind. Sie liegen zwischen Knochen und Endorhachis. Die Endorhachisschichten entstammen aus den dicken Bandlagen des Lig. longitudinale dorsale und verlieren sich seitwärts in dünnen Blättern, welche bis in die Canales intervertebrales hineinreichen. Zwischen beiden vorderen Längsvenenstämmen gibt es unter dem Lig. longitudinale dorsale regelmäßig Queranastomosen, die mit dem Knocheninneren (Sinus basivertebralis) durch die meist paarigen Foramina basivertebralia in Verbindung stehen (Abb. 22). Dorsal liegen an den Pediculi der Wirbelbögen ebenfalls zwei Venenlängsstämme, die verglichen mit den vorderen großvolumigen nur sehr zart sind. Zwischen diesen beiden sind auch segmental Queranastomosen vorhanden, die jeweils in einem stumpfen nach unten offenen Winkel an den Lig. flava aufgehängt sind (Abb. 25).

Es bestehen viele Kommunikationen zwischen den vorderen Venenlängsstämmen und den hinteren, besonders rund um die Durataschen der Spinalnerven. Diese werden gleichsam von einem Venenring eingefasst, der sternartig drei bis vier Venen durch die Canales intervertebrales nach außen entläßt.

Im Lumbalteil des Epiduralraumes setzen sich die vorderen Plexusstämme fort. Sie werfen ihre Endorhachisdeckschicht ab und liegen nur noch der dünnen periostartigen Endorhachis auf, sonst aber frei im Epiduralraum (Abb. 22). Durch das Weiterwerden des lumbalen Epiduralraumes zum Sakralkanal hin können die Plexus ungehindert einen Durchmesser von 2 mm annehmen. Sie anastomosieren miteinander unter dem hinteren Längsband und auch zwischen seinen verschiedenen Schichten. An den unteren Thorakalwirbeln und oberen Lendenwirbeln finden sich regelmäßig große, längsovale Foramina basivertebralia, durch die Knocheninneres und Plexus internus in Verbindung stehen (Abb. 13; 22). Dorsal verlaufen quere, auf- und absteigende Anastomosen über den Durasack. Hintere Venenlängsstämme sind nicht angelegt.

Im Sakralkanal verbleiben von den Venenplexus nur zwei kleine Venen, die beim älteren Menschen sogar ganz fehlen können. Diese Venen werden von den kompakten Fettmassen zur Seite gedrängt und erscheinen an den Cornua sacralia neben dem Corpus adiposum sacro-coccygeale (Abb. 16).

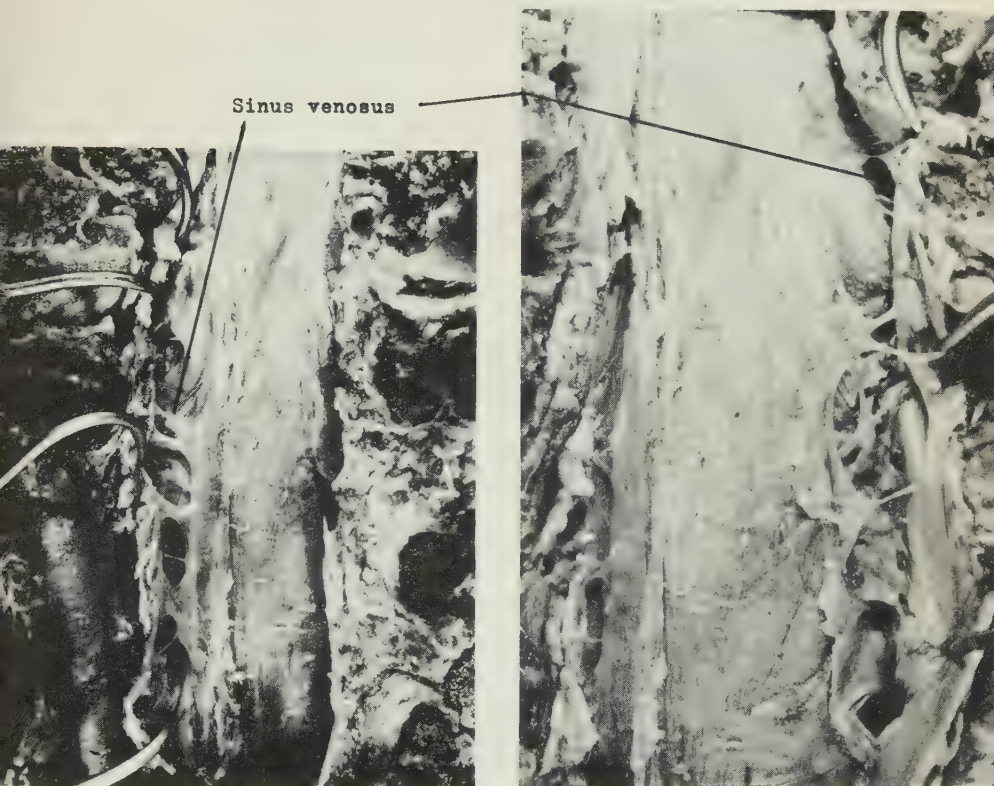


Abb. 21

Erwachsenenwirbelsäule: bei beiden Bildern sieht man von ventral in die eröffneten Sinus venosi vertebrales interni mit den endothelbedeckten Ligg. interspinalia. Oben ist die Dura in ihrem Faserverlauf spinaldelig gezeichnet, was der Stelle entspricht, an der der Durasack mittels des hinteren Längsbandes an das Lig. transversum atlantis geheftet ist. Ganz links die A. vertebralis.

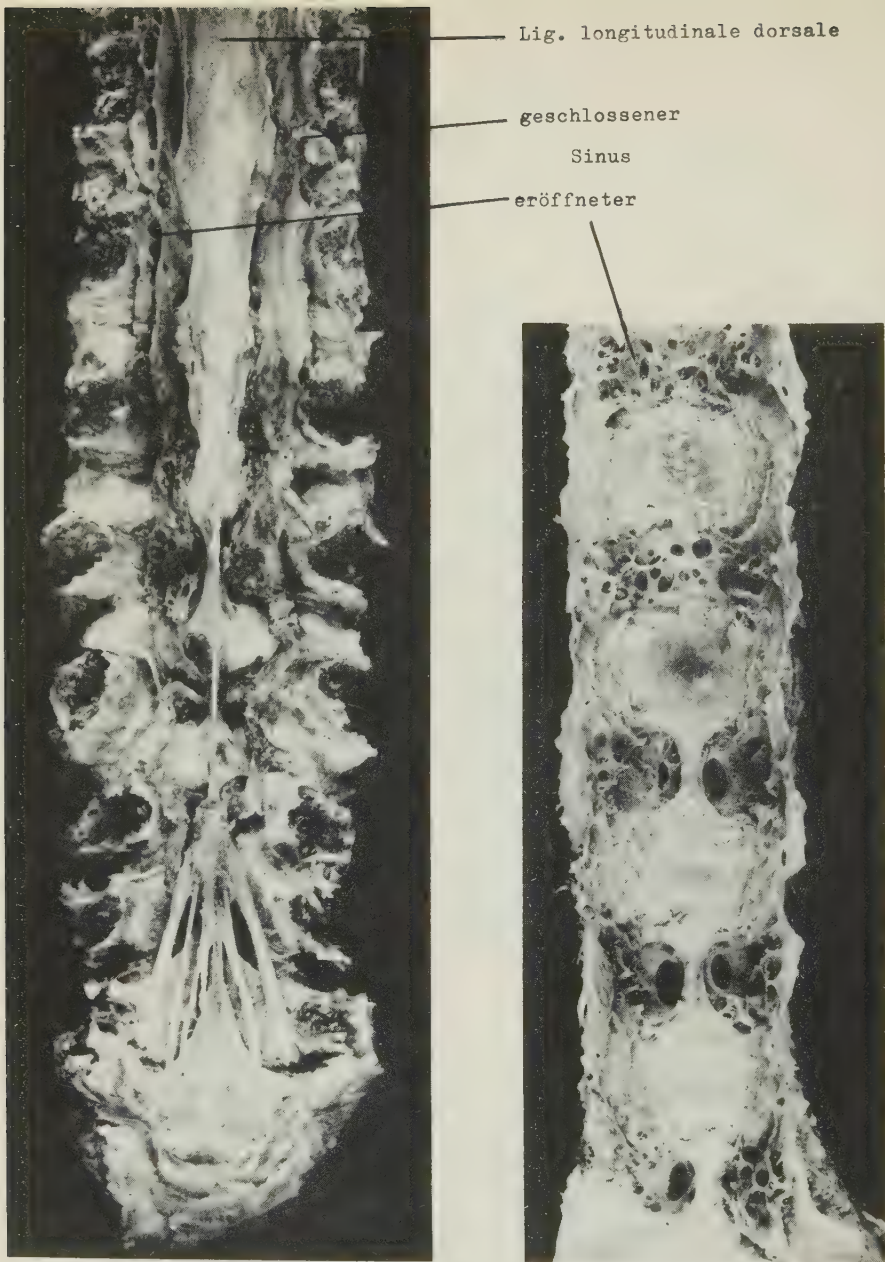


Abb. 22

Wirbelsäule eines 8-jährigen Kindes. Links Sicht von dorsal auf das Lig. long. dors. und den darunter und seitlich davon liegenden Plexus venosus vert. int. im unteren Brust- und Lendenbereich. Im lumbosacralen Übergang ist das hintere Längsband zu einer in der Medianebene stehenden Platte, zum Lig. lumbosacrale aufgestellt.

Rechts ist das Lig. long. dors. entfernt, der Plexus venosus des Lumbalbereiches mit den großen paarigen Foramina basivertebralia liegt frei eröffnet.

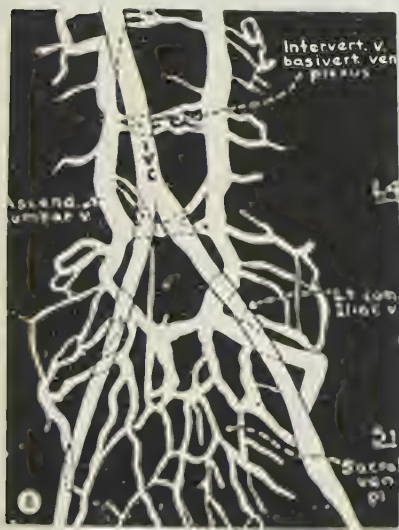


Abb. 23

Aus Abrams (1957): Röntgenkontrastaufnahme der Venen des Azygos-Hemiazygossystems, dazwischen deutlich sichtbar die Quersprossen des Plexus ven. vert. int. ant.

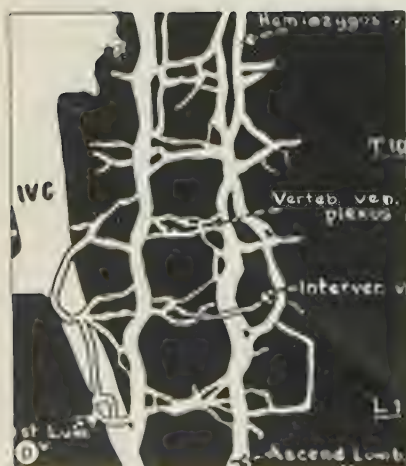


Abb. 24

Aus Abrams (1957): Röntgenkontrastaufnahme, die im Bereiche von T₉₋₁₀ die beiden vorderen Längsstämme und ihre Queranastomosen im Plexus ven. vert. int. ant. darstellen.

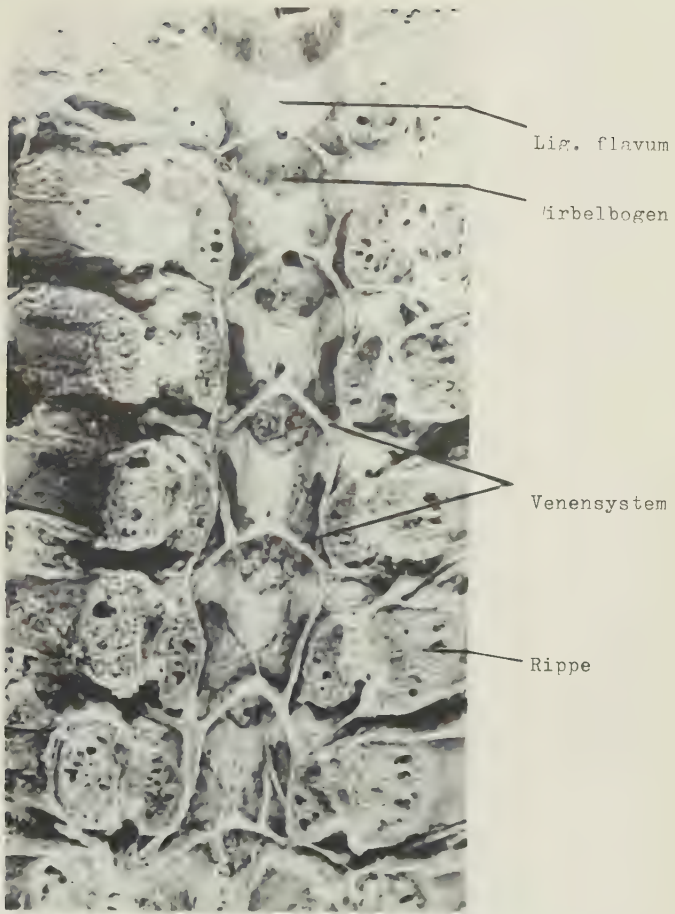


Abb. 25

Erwachsenenwirbelsäule: Sicht von ventral auf die strickleiterartig im dorsalen Epiduralraum der Brustwirbelsäule angelegten Venen. Das in den freien Zwischenräumen befindliche Fett ist entfernt worden. Die segmental vorhandenen Queranastomosen zwischen den beiden hinteren Venenlangsstämmen sind an den Ligg. flava aufgehängt.

IV. Diskussion

Mit der folgenden Betrachtung über die Entwicklung der Rückenmarkshäute schließe ich mich der Meinung von van GELDERN (1924) an, bzw. der Lehre von GEGENBAUR (1885) von der phylogenetischen Entwicklung der Hirn- und Rückenmarkshäute.

Das Zentralnervensystem der Wirbeltiere ist beim Embryo von einer weichen Mesenchymanlage umgeben, die bis zur äußeren Haut reicht. Aus diesem perineuralen Gewebe entstehen Skelet und Hirnhäute. Nachdem sich die Skeletanlage gebildet hat, befindet sich zwischen ihr und dem Zentralnervensystem eine Gewebsschicht, die das Material für die Hirnhäute und Rückenmarkshäute und die Skeletinnenhaut (Endorhachis) liefert. Dieses Gewebe wird von van GELDERN (1924) eine Meninx primitiva und von von HALLERSTEIN (1943) das skeletoneurale Zwischengewebe genannt. Aus dieser Schicht gehen die Endomeninx und die Ektomeninx hervor. Die Endomeninx ist die Grundlage der weichen, die Ektomeninx die der harten Hirnhäute, die nämlich aus der Spaltung der Ektomeninx hervorgehen. Aufgrund dieser Entwicklung müßte der Epiduralraum eigentlich Inter- oder besser Diaduralraum heißen. Da sich aber der Name Epiduralraum durchgesetzt hat, soll er hier auch nicht anders genannt werden.

Im Schädel besteht bei den Säugetieren ein richtiger Epiduralraum (zwischen Dura und Knochen) physiologischerweise nicht. Er bildet sich nur, wenn die Dura von den Schädelknochen innen abgehoben wird, z.B. durch Blutungen aus Meningealarterien, die bei Schädelfrakturen zerrissen werden. Der in der Entwicklung zum größten Teil verschwundene "Diaduralraum" ist noch in Resten vorhanden in den venösen Sinus (Abb. 18).

Vergleichend anatomisch entspricht bei den verschiedenen Tierstämmen die Anlage der Hirnhäute der jeweiligen Entwicklungsstufe.

So hat der *Amphioxus* um sein Neuralrohr nur eine *Meninx primitiva*. Bei den Fischen sind *Ektomeninx* und *Endomeninx* zu unterscheiden. Bei den Amphibien, Reptilien und Vögeln sind schon *Endorhachis*, *Dura mater* (dazwischen also der Epiduralraum) und eine *Pia mater primitiva* ausdifferenziert, während bei den Säugern beide weichen Hirnhäute (aus der *Pia mater primitiva* bilden sich *Arachnoidea* und *Pia mater secundaria*) neben der *Dura* und *Endorhachis* bestehen (STERZI, 1902; WIEDERSHEIM, 1906; van GELDERN, 1925; KAPPERS, 1926; von LANZ, 1929; HOCHSTETTER, 1934; THEILER, 1947; BENNINGHOFF, 1957; TRACY, 1961).

Der menschliche Keimling durchläuft im wesentlichen die gleichen Entwicklungsstufen in seinem intrauterinen Dasein, auf denen die Tierstufen stehengeblieben sind. Dies gilt auch für die Entwicklung der menschlichen Hirnhäute. Nach WITZIG (1940) und THEILER (1947) findet man bereits beim Feten von 35 mm Scheitel-Steißlänge (SSL) eine innere und äußere Schicht in der *Meninx primitiva*: die Hüllen des Rückenmarks sind denen der Fische ähnlich. Beim Feten von 80 mm SSL fand THEILER (1947) schon *Endorhachis*, *Dura* und *Arachnoidea*, was etwa den voll ausgebildeten Rückenmarkshäuten der Vögel gleichkommen würde.

Der Wirbelkanal des einige Wochen alten menschlichen Keimlings wird zunehmend weiter. Das Rückenmark wächst nicht in gleichem Maße mit und füllt daher den Kanal nicht voll aus. Dabei ist zu beobachten, daß zuerst die *Pia mater primitiva*, später auch die *Dura*, eine Affinität zum Rückenmark zeigen, während die *Endorhachis* sich ganz der Wirbelkanalwandung anlegt. In der Mitte der Wirbelkörperrückseiten verdickt sich die *Endorhachis* zum *Lig. longitudinale dorsale*. Sie besteht hier aus mehreren Lagen straffer, längsgerichteter Faserbündel. Seitwärts werden diese Schichten dünner und verlieren sich in einer durchscheinenden *Endorhachis*, die als Auflage der Wirbelkörper und -bögen ein inneres Periostr (=Endost) darstellt.

Das *Filum terminale durae matris spinalis* war schon oft Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen und Ausein-

andersetzungen: STREETER (1919) studierte nach LUSCHKA (1864), GEGENBAUR (1885) und WAGNER (1890) das Rückenmark im Coccygealbereich sehr sorgfältig:

In der Schwanzregion sind die Entwicklungsvorgänge besonders stürmisch. STREETER (1919) fand beim Feten von 30 mm SSL noch Rückenmarkssubstanz, Ependym und einen Canalis centralis in Höhe des 4. Coccygealwirbels. Beim Feten von 65 mm SSL endeten das Rückenmark und sein Zentralkanal schon am 3. Kreuzbeinwirbel. Dort schloß die Dura den Subarachnoidalraum gegen den Epiduralraum ab. "It is a retrogressive differentiation or dedifferentiation", stellte STREETER (1919) fest und wollte damit ausdrücken, daß die ursprünglich wohl vorhandene coccygeale Rückenmarkssubstanz verkümmert, jedoch nicht vollständig verschwindet, sondern als feiner dünner Faden (der aus Ependym und Material der Pia mater besteht) durch das beschleunigte Wirbelsäulenwachstum in die Länge gezogen wird. Der Durasack selbst endet aber schon weit oberhalb der Stelle, an der das Filum terminale an der Dorsalseite der Steißwirbel ansetzt. Es ist somit das sogenannte Filum terminale durae matris keine Durabildung, sondern der Rest der coccygealen Rückenmarkssubstanz, der Glia des dort angelegten Zentralkanals und der unhüllenden weichen Rückenmarkshäute. Die Dura mater und die Endorhachis verkümmern und vergehen spurlos, wenn sie überhaupt in einer Anlage vorhanden gewesen waren.

THEILER (1947) sah in den meisten dieser Bindegewebsbrücken zwischen Dura und Endorhachis kleine Arterien, die von dem sie umgebenden Bandmaterial getragen wurden. Oft war nur eine kleine Arterie stellvertretend für ein Band vorhanden.

Der Duraschlauch ist beim Feten in der zweiten Hälfte der Schwangerschaft in jedem Wirbelsäulenabschnitt gleichermaßen befestigt (vergl. oben S. 1 und 2). Die Wirbelsäule ist noch ohne die Krümmungen, die sich erst am Schwangerschaftsende und nach der Geburt ausbilden. Mit diesem Umbau der Wirbelsäule geht auch ein Um- und Abbau der Bandstrukturen im Epiduralraum einher. Die Bänder wandeln ihre Funktion: aus "Nährbändern" (Mesoduralbändern, analog den Vincula tendinum, die

als Reste des Mesotenons der Sehnen der Unterarmflexoren beim Erwachsenen fast nur mehr Haltefunktion haben) werden Stütz- und Befestigungsbänder, die auf starken Zug beansprucht werden können. Sie fixieren den Durasack im Wirbelkanal und fangen extreme Bewegungen der Wirbelsäule zum Schutze des Rückenmarks ab. Wo beim Erwachsenen später keine Durabefestigung nötig zu sein scheint, weil die Bewegungen der Erwachsenenwirbelsäule eingeschränkt sind, verschwinden sie. Die Gefäße in ihnen obliterieren. Das Wachstum der Dura, der weichen Hirnhäute und besonders des Rückenmarks ist abgeschlossen.

Der Aufhängeapparat des Durasackes am Foramen magnum (die *Ligg. cranialia durae matris spinalis* nach von LANZ, 1929) war in seinem dorsalen Teil seit von LANZ (1929), THEILER (1947) ROGERS und PAYNE (1961) bekannt, während die Tatsache neu ist, daß der Durasack indirekt auch am Vorderrand des Foramen magnum und auch weiter außerhalb extrakraniell am äußeren Periost befestigt ist. Von LANZ (1929) beschrieb als erster die seitlichen *Ligg. cranialia*, die zu den Kapseln der atlanto-occipitalen und atlanto-epistrophealen Gelenke gehen und auch die dorsalen, die zum Epistropheus- und Atlasbogen und von diesem zur Squama ossis occipitalis ziehen. So waren die Befunde von SPALTERHOLZ (1954) zu diesem Thema nicht neu.

Die Entwicklung der Lage des *Lig. lumbosacrale* (von LANZ, 1929; THEILER, 1947; ZIEHEN, 1903 "*Lig. sacrodurale anterius*") geht ähnlich vor sich wie die Entwicklung des Verlaufes der Spinalnerven, die ja durch das intensive Wirbelsäulenwachstum zunehmend in die Länge gezogen werden. Ihr Austritt aus dem Wirbelkanal ist durch die sich von den Rückenmarkssegmenten entfernenden Zwischenwirbelkanäle festgelegt. Auch die anderen epiduralen Bänder strecken und verlängern sich, während ihre Ansatzpunkte auseinanderweichen (Abb. 6, 7, 3 und 10).

Das gleiche Schicksal erleiden auch die paarigen *Ligg. dorsolateralia* HOFFMANN (1898) (Abb. 5): beim Erwachsenen sind sie von Th₁₂ an und weiter kaudal segmental angelegt. Sie hef-

ten den Durasack an die Wirbelbögen (WAGNER 1890). Das am weitesten kaudal angelegte Bandpaar beschrieb von LANZ (1929) als besonders kräftig an der dorsalen Wandung des Kreuzbeinkanals ansetzend und nannte es Lig. terminale durae matris spinalis. Er wies darauf hin, daß auch nur ein einzelnes an Stelle der paarigen Bänder vorhanden sein kann. Schon WAGNER (1890) war vor von LANZ (1929) dieser Ansicht.

Außer im Brustbereich (von LANZ, 1929; KUNERT, 1957) ist in jedem Wirbelsäulenabschnitt die Durascheide des betreffenden Spinalnerven mittels feiner Faserzüge an die Endorhachis-
auskleidung der Öffnung eines jeden Canalis intervertebralis angeheftet (CORNING, 1946; GEGENBAUR, 1885). Nach POPA (1938), der diese feinen Spannseile genau beschrieb, werden sie in ihrer Gesamtheit POPA'sches Globensystem genannt. Der Durasack ist am Schädel und den oberen Halswirbel quer und vorn und hinten gleichermaßen aufgehängt. Im unteren Brust-, im Lenden- und im Kreuz-Steißbeinbereich werden die dort vorhandenen Bänder auf Zug von kranial beansprucht. Die Beweglichkeit der übersegmental verspannten Dura (von LANZ, 1929) wird außer durch die Spinalnerven und deren Verankerung besonders durch die epiduralen Bänder gehemmt. Im Lenden- und Kreuzbeinbereich straffen sie sich während der Bewegungen der Wirbelsäule im Halsbereich. Der präparatorische Beweis dafür, daß die Dura eine übersegmentale, in sich geschlossene funktionelle Einheit ist, wird erbracht, wenn man ein dorsales Band der Ligg. cranialia wegrißt: die Fasern setzen sich bis zum Filum terminale hin fort. Auf diese Weise läßt sich ein Band der gesamten Länge des Durasackes entsprechend darstellen.

Schon LUSCHKA (1850) erwähnte die blasig aufgetriebenen Fettläppchen im dorsalen thorakalen Epiduralraum. TRETJAKOFF (1926) stellte beim Pferd fest, daß das epidurale Fett ebenso wie beim Menschen in Endorhachisblätter eingeschichtet ist. Im Halsbereich fanden RAMSEY (1959) und TRETJAKOFF (1926) weder bei Katzen und Pferden noch beim Menschen Fett im Epiduralraum. Dies kann ich für den Menschen bestätigen.

Im thorakalen Epiduralraum besteht dorsal, bedingt durch die strenge Ordnung der epiduralen Venen (Abb. 25), eine Regelmäßigkeit in der Anlage der Fettpolster. Im lumbalen Epiduralraum ist dies nicht so, weil hier auch keine Ordnung der topographischen Lage der Venen vorliegt. Dadurch, daß sich der Durasack zunehmend verjüngt und der Wirbelkanal durch die großen Foramina vertebralia der mächtigen Lumbalwirbel seinen größten Durchmesser erreicht, vergrößert sich von L₁ bis L₅ der Epiduralraum so (SJÖVALL, 1943), daß das Fett ventral und dorsal vom Durasack eine Dicke von 3 - 6 mm einnehmen kann. Die röntgenologischen Kontrastaufnahmen des Epiduralraumes von KNUTSON (1942) haben dies bestätigt. Die größten Fettmassen befinden sich vom vierten Lumbalwirbel an bis weit hinein in den Canalis sacralis, so daß besonders das Lig. lumbosacrale, aber auch die sakralen Spinalnerven in reichliches Fett eingelagert sind (RAMSEY, 1959).

Das Corpus adiposum sacro-coccygeale ist nicht der eigentliche wirksame Verschluss des Epiduralraumes und des Wirbelkanals nach kaudal. Wie KRAUSE (1879) und SIEGLBAUER (1947) angeben, ist das vielmehr die bis 3 mm dicke "Kreuzbeinfontanelle", das Lig. sacrococcygeum, das sich als sehnige Platte zwischen beiden Cornua sacralia und von diesen zu den Coccygealwirbeln spannt und auf dem Corpus adiposum sacro-coccygeale liegt (Abb. 15, 16). Selten ist über der Kreuzbeinfontanelle subcutanes Fett vorhanden, so daß sie leicht zu palpieren ist.

Einen Überblick über die Literatur des Wirbelsäulenvenensystems gab INKE (1961) und stellte fest, daß schon seit FALLOPIUS (1562) die Venen im Wirbelkanal im wesentlichen erforscht waren. Nach BATSON (1957) hat VESALIUS (1583) als erster genauere Aufzeichnungen über die Lage dieser Venen hinterlassen. Die besten Details allerdings stammen von BRESCHET (1828), und BATSON (1957) und CLEMENS (1961) konnten diese nur bestätigen. Ihre Darstellungen waren freilich besser wegen der ihnen zur Verfügung stehenden modernen Methodik.

CLEMENS (1961) wollte die "lehrbuchmäßige Vorstellung, daß es sich bei den inneren klappenlosen Wirbelvenenplexus um Sinus handelt" widerlegen. Dabei untersuchte er die Wandungen der Plexus mikroskopisch und fand darin glatte Muskulatur. Diese ist jedoch nur in den Plexus des thorakalen, lumbalen und sakralen Epiduralraumes enthalten, nicht aber in den zervikalen. Diese müssen deshalb Sinus genannt werden. Hier ist nämlich wie in den Sinus des Schädels den harten kollagenfaserigen Rückenmarkshäuten nur Endothel angelagert. Daher sind auch die Ligg. interspinalia als Stützpfeiler zwischen Dura und Endorhachis mit Endothel bedeckt. ROGERS und PAYNE (1961) beobachteten Ähnliches. Auch sie rechneten das zervikale Sinussystem zu den Sinus des Schädels.

Vergleichend anatomisch haben sich mit den Wirbelvenen vor allem HOCHSTETTER (1893), de BURLET (1924) und DRÄGER (1937) beschäftigt. Sie stellten besonders den für jeden Tierwirbel obligaten Circellus venosus heraus, der jeweils von der Rückfläche eines jeden Wirbels entspringt und dann direkt den Durasack umgreift. Der vordere Schenkel dieses Ringes ist sehr viel stärker als der hintere, da er unmittelbaren Zufluß aus den Zwischenwirbelvenen und dem Sinus basivertebralis erhält. Den Namen Circellus venosus prägte LUSCHKA (1850) zum erstenmal. HOCHSTETTER (1893) beschreibt ihn bei den Edentaten so, wie ich ihn auch beim Menschen fand. Bei der Beschreibung der Venen des Wirbelkanals habe ich aber mehr Wert gelegt auf das Venenlängssystem als auf die Beachtung der segmentalen Venenringe. Diese beim Plexussystem des Menschen vorherrschenden Längsstämme (DRÄGER, 1937) fand HOCHSTETTER (1893) bei den Edentaten erst im Lendenbereich und weiter kaudal. Bei den Faultieren (=Edentaten) fließt ein wesentlicher Teil des Blutes aus den unteren Gliedmaßen nicht direkt durch die untere Hohlvene ventral von der Wirbelsäule zum Herzen, sondern dorsal von den Wirbelkörpern in einem großen venösen Plexus, der durch ein gut ausgebildetes Azygossystem an die obere Hohlvene anschließt. Für den Menschen sind diese Befunde wichtig: wenn nämlich die untere Hohlvene teilweise oder ganz verlegt ist und das venöse

Blut der unteren Extremitäten und des Rumpfes über das Azygos-Hemiazygossystem und die daran angeschlossenen Plexus venosi vertebrales externus und internus zur oberen Hohlvene gelangt.

Beim Hund stellte DRÄGER (1937) fest, daß das Venensystem des erwachsenen Tieres mit dem menschlichen übereinstimmt bis auf die zwei dorsalen Längsstämme, die beim Menschen konstant im Thorakalbereich ausgebildet sind. VONWILLER (1923) und DRÄGER (1937) untersuchten junge Tiere (Kaninchen, Katzen und Hunde), um feststellen zu können, wie es von den Circelli venosi zu den längsgerichteten Plexusstämmen des Menschen kommt. Besonders deutlich ist dieser Vorgang an den Wirbelkörperrückseiten zu studieren, wo bei den Tieren weniger Venen durch die Zwischenwirbelkanäle verlaufen. Vielmehr gelangt das Blut durch die Wirbelkörper hindurch (durch die Sinus basivertebrales) über den Plexus venosus vertebralis externus nach außen in die V. azygos und V. hemiazygos.

Von den unpaaren mittelständigen, unter dem hinteren Längsband verborgenen Foramina basivertebralia gehen meist je vier Venenäste in Kreuzform ab. Zwei Venen gehen zu den höhergelegenen Zwischenwirbellöchern, zwei zu den unteren. Dabei anastomosieren jeweils die oberen zwei mit den unteren zwei des höhergelegenen Segments.

Bei den erwachsenen Tieren sind diese Venenkreuze in die Länge gezogen. So herrschen dann weniger die Querkomponenten der Venenrautenkette (zwei Kreuze bilden eine Raute) vor, sondern die Längskomponente, so daß ein Zustand wie beim Menschen mit seinen beiden starken vorderen Längsstämmen annähernd erreicht wird. Beim Menschen kommt noch hinzu, daß die Hauptzu- bzw. Abflußwege der inneren Wirbelsäulenplexus nicht durch die Foramina basivertebralia gehen sondern durch die Foramina intervertebralia (vergl. Abb. 26).

V. Zusammenfassung

1.) Der Durasack ist im Epiduralraum des Neugeborenen in allen Wirbelsäulenabschnitten gleichermaßen befestigt. Beim Jugendlichen bilden sich aus diesen Befestigungen gewisse Bänder heraus, die sich verstärken, andererseits werden sie in den Bereichen abgebaut, in denen der Durasack nicht fixiert zu sein braucht. Im fortgeschrittenen Lebensalter nimmt die Stärke der Bänder und ihre Anzahl durch die altersbedingte Bewegungseinschränkung der Wirbelsäule ab.

2.) Fett ist thorakal im dorsalen Epiduralraum des Erwachsenen gelegen, überall im lumbalen Epiduralraum bis weit in die Zwischenwirbelkanäle hinein und auch im Kreuzbeinkanäl und dessen Zwischenwirbelkanälen. Der Epiduralraum und der Wirbelkanal ist kaudal durch ein Corpus adiposum sacro-coccygeale verschlossen. Es liegt im Hiatus canalis sacralis zwischen beiden Cornua sacralia. Die Fettpolster im Epiduralraum sind im Durchschnitt 2 mm dick, es können aber auch 6 mm und mehr erreicht werden.

3.) Im Halsbereich setzen sich die Sinus des Schädels fort in den Sinus venosi cervicales interni. Erst ab C₇ kann man von Plexus venosi vertebrales interni sprechen. Das venöse Strickleitersystem reicht ventral von etwa C₇ bis L₄. In der Mitte eines jeden Wirbelkörpers liegt thorakal unter dem Lig. longitudinale dorsale und der Endorhachis eine Plexusqueranastomose in Kommunikation mit dem Wirbelkörperinneren durch die meist paarigen Foramina basivertebralia. Lumbal ist der ventrale Plexus beiderseits auf der Endorhachis gelegen. Queranastomosen verlaufen unter dem mehrschichtigen hinteren Längsband und auch durch die Öffnungen der in der Medianebene stehenden Bandplatte des Lig. lumbosacrale bzw. des Lig. longitudinale dorsale. Im thorakalen Epiduralraum findet sich dorsal stets eine schön gegliederte Strickleiter segmental angelegter Venen. Im dorsalen Epiduralraum der Hals- und Lendenwirbelsäule verlaufen nur unregelmäßig einzelne auf- oder absteigende Venen.

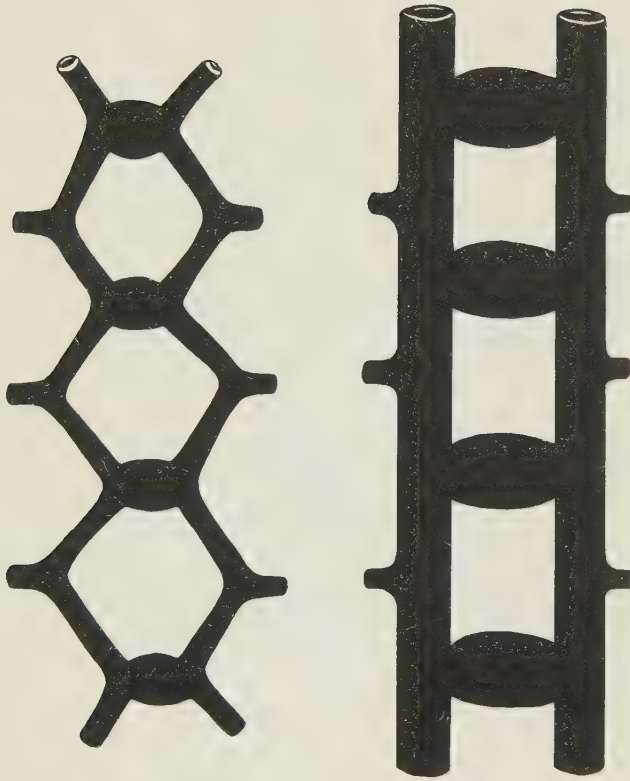


Abb. 26

Schema der Venenkreuze auf den Wirbelkörperperrückseiten von jungen Säugetieren (Kaninchen, Katzen, Hunde) in Anlehnung an P. VONWILLER (1923): es wird deutlich die Umwandlung der segmentalen Querkomponente der Venenanlage in die übersegmentale Längskomponente bei den erwachsenen Tieren, so daß ein Zustand wie beim Menschen annähernd erreicht wird.

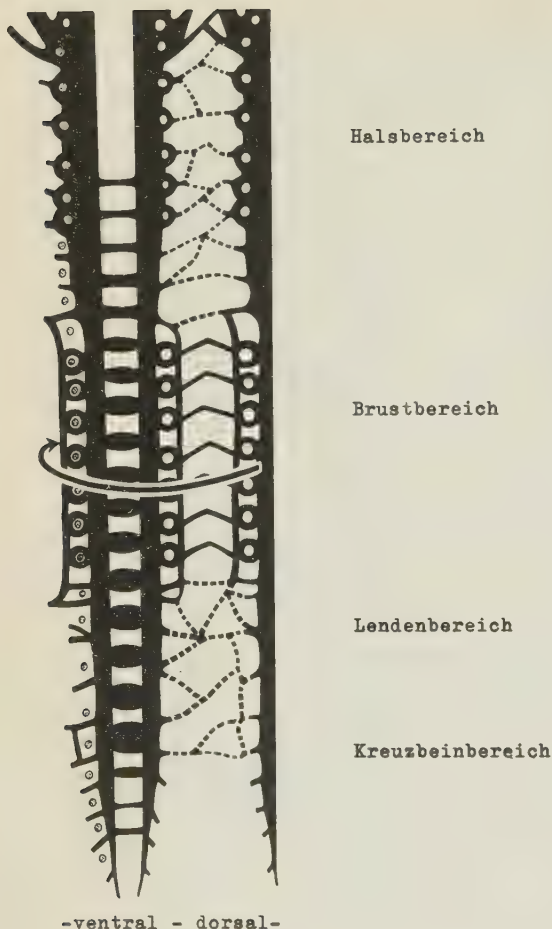


Abb. 27

Schema des gesamten Venensystems im menschlichen Epiduralraum in einer Ebene gezeichnet. Im Halsbereich werden die Durascheiden der Spinalnerven vom Blut des Sinus venosus vertebralis umspült und sind daher endothelbedeckt. Im Brustbereich werden die Durataschen der Spinalnerven von eigenständigen Venenringen umgeben, von denen die Venae intervertebrales durch die Zwischenwirbelkanäle abgehen. Dorsal im Hals- und Lendenbereich zeigen die punktiert dargestellten Venen den unregelmäßigen Verlauf an. Ventral besteht (außer im Halsbereich) der Plexus venosus vertebralis internus, während dorsal die Venen selbständig und klappenlos im Wirbelkanal liegen.

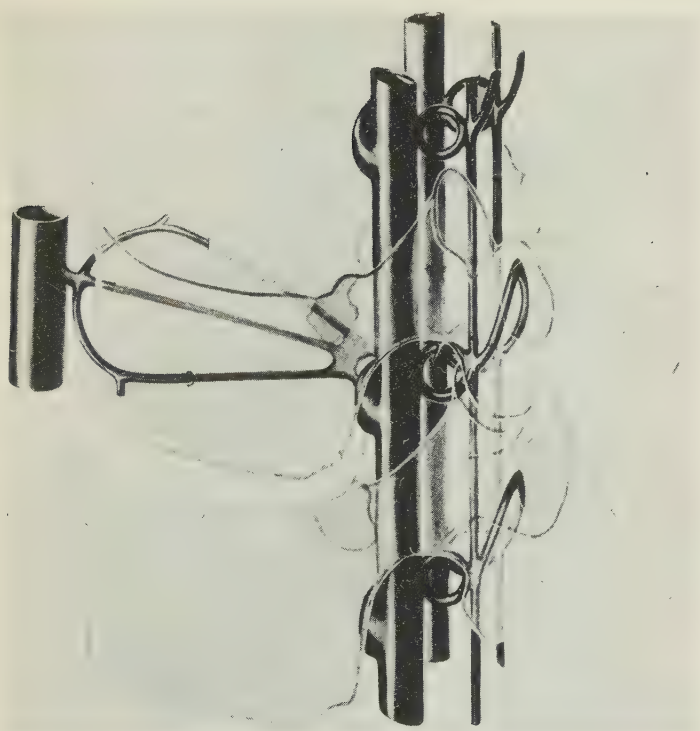


Abb. 28

Räumlich gezeichnetes Schema der Venen im thorakalen Epiduralraum. Ventral der Plexus venosus vertebralis internus mit seinen beiden mächtigen Längsstämmen, die miteinander in Höhe eines jeden Wirbels anastomosieren und durch die Sinus basivertebrales mit dem Azygos-Hemiazygos-system vor den Wirbelkörpern in Verbindung stehen. Seitlich am Eingang zu dem Zwischenwirbelkanal liegt ein Venenring, durch den der Spinalnerv tritt. Von dort begleiten ihn Venae intervertebrales. Dorsal verlaufen die beiden Längsvenenstämmen mit den Queranastomosen auf den Wirbelbögen so, daß ein Strickleitersystem entsteht.

LITERATURVERZEICHNIS

- ABRAMS, H. L.: The relationship of systemic venous anomalies to the paravertebral veins.
Amer. J. Roentgenol. Rad. Ther. 80, 414-420 (1958)
- ABRAMS, H.L.: The vertebral and azygos venous systems, and some variations in systemic venous return.
Amer. J. Roentgenol. Rad. Ther. 69, 508-526 (1957)
- BATSON, O. V.: The vertebral vein system. Amer. J. Roentgenol. Rad. Ther. 78, 195-212 (1957)
- BENNINGHOFF, A.: Lehrbuch der Anatomie des Menschen.
Zweiter Band, 2. Teil.
Urban & Schwarzenberg, Berlin - München - Wien (1946)
- BENNINGHOFF - GOERTTLER: Lehrbuch der Anatomie des Menschen.
3. Band
Urban & Schwarzenberg, München (1957)
- DE BURLET, H. M.: Über durchbohrte Wirbelkörper fossiler und recenter Edentaten, zugleich ein Beitrag zur Entwicklung des Venensystems der Faultiere.
Gegenbaur's Morph. Jb. 51, 555-584 (1922)
- CLARA, M.: Das Nervensystem des Menschen.
Ambrosius Barth, Leipzig (1942)
- CLEMENS, H.J.: Die Venensysteme der menschlichen Wirbelsäule. Morphologie und funktionelle Bedeutung.
Walter de Gruyter & Co., Berlin (1961)
- CLEMENS, H.J.: Beitrag zur Histologie der Plexus venosi vertebrales interni.
Z. mikr. anat. Forsch. 67, 183-189 (1961)
- CORNING, H.K.: Lehrbuch der topographischen Anatomie.
23. Aufl., Springer, Berlin (1946)
- DRÄGER, K.: Über die Sinus columnae vertebrales des Hundes und ihre Verbindungen zu Venen der Nachbarschaft.
Gegenbaur's Morph. Jb. 80, 579-598 (1937)
- FRYKHOLM, R.: Cervical epidural structures, periradicular and epidural sheaths.
Acta chir. Scand. 102, 10-20 (1951).
- GEGENBAUR, C.: Lehrbuch der Anatomie des Menschen
2. Band, 4. Auflage.
Wilhelm Engelmann, Leipzig (1885)
- VAN GELDERN, C.: Zur vergleichenden Anatomie der Sinus durae matris.
Anat. Anz. 58, 472-480 (1924)
- VAN GELDERN, C.: Über die Entwicklung der Hirnhäute bei Teleostiern.
Anat. Anz. 60, 48-57 (1925)

- VON HALLERSTEIN, H.: in Bolk - Göppert - Kallius - Lubosch:
Handbuch der vergleichenden Anatomie der
Wirbeltiere.
2. Band, 1. Hälfte.
Urban & Schwarzenberg, Wien (1943)
- HOCHSTETTER, F.: Beiträge zur Entwicklungsgeschichte des Venen-
systems der Amnioten, III. Säuger.
Gegenbaur's Morph. Jb. 20, 543-648 (1893).
- HOCHSTETTER, F.: Ein Beitrag zur vergleichenden Anatomie des
Venensystems der Edentaten.
Gegenbaur's Morph. Jb. 25, 362-376 (1897).
- INKE, G.: Das Vertebralvenensystem.
Gegenbaur's Morph. Jb. 103, 497-505 (1962).
- KAPPERS, C.U.A.: The meninges in lower vertebrates compared with
those in mammals.
Arch. neur. psych. 15, 281-296 (1926).
- KNUTSON, F.: Epidurale Kontrastuntersuchungen bei Bandscheiben-
protusion im Lendenteil.
Acta chir. Scand. 87, 214-222 (1942).
- KRAUSE, W.: Handbuch der menschlichen Anatomie.
II. Band.
Hahn'sche Buchhandlung, Hannover (1879).
- KUNERT, W.: Klinische Betrachtungen auf Grund topographisch-
anatomischer und röntgenologischer Studien an
der Brustwirbelsäule.
Dtsch. Arch. Klin. Med. 203, 218-233 (1957).
- VON LANZ, T.: Über die Rückenmarkshäute.
Roux' Archiv 118, 252-307 (1929).
- LUSCHKA, H.: Die Nerven des menschlichen Wirbelkanals.
Verlag der H. Laupp'schen Buchhandlung,
Tübingen (1850).
- MERKEL, F.: Die Anatomie des Menschen. 5. Abt.
J. F. Bergmann, Wiesbaden (1917).
- POPA, G. T.: Mechanostruktur und Mechanofunktion der Dura
mater des Menschen.
Gegenbaur's Morph. Jb. 78, 85-187 (1938).
- RAMSEY, H.: Fat in the epidural space in young and adult cats.
Am. J. Anat. 104, 345-379 (1959).
- RAMSEY, H.: Comparative morphology of fat in the epidural
space.
Am. J. Anat. 105, 219-232 (1959).
- ROGERS, L. C. and
PAYNE, E. E.: The dura mater at the craniovertebral junction.
J. Anat. (Lond.) 95, 586-588 (1961).
- SIEGLBAUER, F.: Lehrbuch der normalen Anatomie des Menschen.
7. Aufl.
Urban & Schwarzenberg, Wien (1947).
- SJÖVALL, H.: Anatomische Untersuchungen über die Verteilung
des epiduralen Fettes im Lumbalrücken.
Acta radiol. 24, 177-182 (1943).

- SPALTEHOLZ, W.: Handatlas und Lehrbuch der Anatomie des Menschen.
2. Teil, Band 2 Text.
Scheltema-Holkema N.V. Amsterdam,
S. Hirzel, Zürich und Stuttgart (1954).
- STERZI: Sviluppo delle meningi midollari dei mammiferi
e loro continuazione con le guaine dei nervi.
In: Edinger, L. und Wallenberg, A.:
Anatomie des Centralnervensystems in den Jahren
1903 und 1904.
S. Hirzel, Leipzig (1905).
- STREETER, G.L.: Factores involved in the formation of the filum
terminale.
Am. J. Anat. 25, 1-11 (1919).
- THEILER, K.: Die Entwicklung der konstruktiven Form der
Rückenmarkshäute beim Menschen.
Inaug. Diss. Zürich (1947).
- TRACY, H. C.: Development of the spinal neural crest, nerves,
and muscles in the toadfish (*Opsanus tau*).
J. comp. neurol. 116, 291-303 (1961).
- TRETJAKOFF, D.: Das epidurale Fettgewebe.
Z. Anat. 79, 100-112 (1926).
- VONWILLER, P.: Anatomische Untersuchungen über die Wirbelsäule
mit besonderer Berücksichtigung des Problems
der Form der Knochen.
Z. Anat. 69, 264-303 (1923).
- WAGNER, R.: Die Endigung des Duralsackes im Wirbelkanal des
Menschen.
Arch. Anat. 16, 65-71 (1890).
- WIEDERSHEIM, R.: Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere.
6. Aufl. Jena (1906).
- ZIEHEN, TH.: Centralnervensystem, 1. Abt. in:
K. von Bardeleben's Handbuch der Anatomie
des Menschen.
G. Fischer, Jena (1903).

L e b e n s l a u f

Name: Michael Frhr. Hermes von Lüdinghausen

geb.: 9. Juli 1941 in Königsberg/Pr.

Eltern: Dr. med. Hans-Joachim Frhr. Hermes von Lüdinghausen,
Chirurg und Chefarzt des Ev. Jung-Stilling-Kranken-
hauses in Siegen/Westf.

Liselotte Frfr. Hermes von Lüdinghausen, geb. Patzig

Schulausbildung: von 1947 bis 1951 Volksschule in Siegen/Westf.,
von 1951 bis 1960 Städt. Gymnasium (humanisti-
schwer Zweig) in Siegen/Westf. (Zeugnis der
Reife März 1960)

Universitätsstudien: seit dem Sommersemester 1960 Studium der
Medizin an der Ludwig-Maximilians-Univer-
sität zu München (naturwissenschaftliche
Vorprüfung nach dem Wintersemester 1960/61)
(ärztliche Vorprüfung Oktober 1962)
Medizinisches Staatsexamen am 13. Dezember
1965.

